Pêches et Océans Canada | Fisheries and Oceans Canada
Sciences des écosystèmes et des océans | Ecosystems and Oceans Science

Secrétariat canadien de consultation scientifique
Région du Golfe **Avis scientifique 2016/014**

EXAMEN DES INCIDENCES POSSIBLES DES TRAITEMENTS À LA CHAUX HYDRATÉE DANS LE CONTEXTE DU PROJET D'EXPANSION DE LA PRODUCTION DE MOULES DANS LA BAIE MALPEQUE, À L'ÎLE-DU-PRINCE-ÉDOUARD

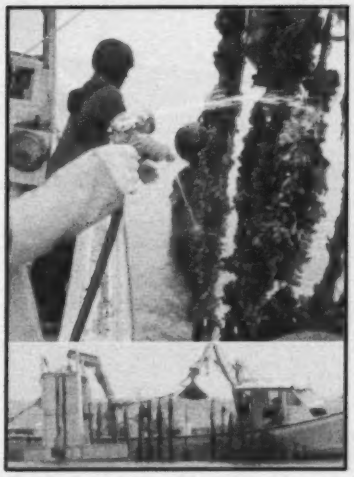

Photo : Ministère de l'Agriculture et des Pêches de l'Île-du-Prince-Édouard

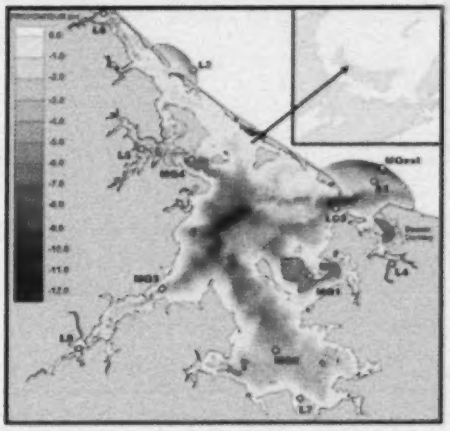

Figure 1. Carte de la baie Malpeque (Î.-P.-É) montrant la bathymétrie et les concessions de mytiliculture actuelles (polygones rouges) (MPO 2015).

Contexte :

En conchyliculture à l'Île-du-Prince-Édouard, on se sert depuis plusieurs décennies d'un traitement à la chaux hydratée pour contrôler les biosalissures et les prédateurs (les tuniciers et les étoiles de mer), plus particulièrement le tunicier envahissant Styela clava. L'obtention des permis d'introduction et de transfert du MPO exige l'application fréquente d'un traitement à la chaux hydratée sur les mollusques et les crustacés avant leur déplacement, et ce, en vue de prévenir l'introduction ou le transfert d'organismes d'une région à une autre. Un précédent examen fondé sur les séquences des effets a permis de conclure que le risque posé par l'utilisation de chaux hydratée pour les organismes présents dans la colonne d'eau est estimé être faible, mais un certain nombre de lacunes dans les connaissances sont toujours présentes (MPO 2010). Des demandes ont été soumises visant à augmenter les concessions et la production de moules dans la baie Malpeque, à l'Île-du-Prince-Édouard. Afin de favoriser les consultations continues liées à l'expansion des concessions proposée, la Gestion de l'aquaculture du MPO a demandé un avis, à savoir si l'utilisation actuelle de la chaux dans l'industrie de la mytiliculture change de façon importante l'empreinte environnementale d'une concession de mytiliculture. Cette question est posée dans le contexte de l'utilisation accrue de la chaux hydratée liée aux projets d'expansion des concessions de mytiliculture dans la baie Malpeque. Ce rapport est le produiit d'une réunion régionale d'examen scientifique par des pairs tenue les 8 et 9 février 2016 à Moncton (Nouveau-Brunswick) pour examiner les incidences possibles des traitements à la chaux hydratée dans le contexte des propositions d'expansion de la production de moules dans la baie Malpeque (Î.-P.-É). Parmi les participants à la réunion, on comptait des représentants de la Direction des sciences du MPO des régions du Golfe et du Québec, de l'administration centrale nationale, de Gestion des écosystèmes et des pêches du MPO, du gouvernement provincial de l'Île-du-Prince-Édouard, de l'industrie de l'aquaculture ainsi que des experts externes.

SOMMAIRE

- L'application de chaux hydratée sur les sites de grossissement des moules et les filières de naissains dans la baie Malpeque est utilisée pour gérer l'espèce envahissante de l'ascidie plissée (*Styela clava*), sur les boudins d'aquaculture et l'infrastructure connexe. Les traitements sont effectués habituellement de la mi-juillet jusqu'au début novembre, l'application la plus intensive étant effectuée en août et en septembre.
- Une solution saturée de chaux hydratée est fortement alcaline; lorsqu'elle est introduite dans l'environnement aquatique, l'effet immédiat est une augmentation du pH de l'eau réceptrice. Le signal de changement de pH est caractérisé à la fois par le temps nécessaire à l'eau réceptrice pour revenir à la plage de pH ambiante et par la distance à laquelle le pH de l'eau réceptrice est modifié par rapport à la plage ambiante.
- L'application de chaux hydratée dans la baie Malpeque entraîne des effets à court terme (en minutes) et à petite échelle (en mètres) sur les caractéristiques du pH de la colonne d'eau à proximité de l'activité de traitement.
- Il existe un nombre limité d'études sur les effets létaux et sublétaux de la chaux hydratée sur les organismes marins. Les seuils létaux du pH (CL50 - 96 heures) pour plusieurs espèces sont établis pour un pH similaire, mais pour des périodes d'exposition plus longues que les conditions naturelles mesurées durant un traitement à la chaux. Par conséquent, il est peu probable que les traitements à la chaux puissent avoir des effets nocifs sur les homards et les autres organismes non ciblés.
- Les stades planctoniques des crustacés (homard et crabe commun) sont présents dans la colonne d'eau de la mi-juin à la mi-septembre et chevauchent les périodes de traitement à la chaux.
- Un habitat benthique classé comme fonds de prédilection pour les homards pouvant soutenir tous les stades biologiques du homard a été découvert dans une zone limitée envisagée pour l'expansion de la mytiliculture. Le reste de la zone proposée pour l'expansion présente un habitat benthique classé de qualité inférieure pour le homard, servant de zone de transition.
- Les activités de traitement à la chaux hydratée associées à l'expansion des concessions de mytiliculture entraîneront une empreinte écologique définie par des augmentations transitoires du pH qui durent quelques minutes et s'étendent sur quelques mètres au moment des traitements.

INTRODUCTION

L'industrie de la conchyliculture (moules, huîtres) à l'Île-du-Prince-Édouard (Î.-P.-É.) a été touchée par une prolifération des tuniciers envahissants qui a nécessité l'élaboration de certaines approches pour gérer ces biosalissures. L'objectif principal de la gestion des tuniciers à l'Île-du-Prince-Édouard consiste à retirer les tuniciers des infrastructures aquacoles, y compris les boudins de moules, avant qu'ils ne deviennent de grosses masses. La principale méthode de traitement pour l'espèce envahissante d'ascidie solitaire *Styela clava* a recours à l'immersion ou à la vaporisation d'une solution saturée de chaux hydratée. Dans le cadre d'un examen des séquences des effets d'un certain nombre de substances chimiques provenant de l'industrie de l'aquaculture, Burridge et al. (2011) ont indiqué que les risques posés par l'utilisation de la chaux hydratée pour les organismes de la colonne d'eau sont faibles en se fondant sur les renseignements relatifs aux risques connus et aux durées d'exposition. Cependant, un certain nombre de lacunes dans les connaissances sont toujours présentes, particulièrement en ce qui concerne les effets sur les sédiments (MPO 2010).

En 1999-2000, un moratoire sur l'augmentation des concessions pour la mytiliculture a été instauré à l'Île-du-Prince-Édouard. En 2007, une demande a été présentée pour revoir le moratoire et la baie Malpeque a été désignée comme l'une des zones de l'Île-du-Prince-Édouard où il était possible d'envisager une augmentation de la superficie consacrée à la mytiliculture. En 2013, Pêches et Océans Canada a déterminé qu'il était nécessaire d'élaborer un plan spatial détaillé pour prendre en compte l'augmentation éventuelle de la surface consacrée à la mytiliculture dans la baie Malpeque. MPO (2015) a conclu qu'aux niveaux actuels et projetés de culture de la moule, et par rapport aux paramètres de la capacité de charge de production utilisés dans la présente évaluation, la capacité de charge de production de la baie Malpeque ne serait pas dépassée.

Afin de favoriser les consultations continues liées à l'expansion des concessions proposée, la Gestion de l'aquaculture du MPO a demandé un avis, à savoir si l'utilisation actuelle de la chaux dans l'industrie aquacole de la mytiliculture change de façon importante l'empreinte environnementale d'une concession de mytiliculture. Cette question est posée spécifiquement dans le contexte de l'utilisation accrue de la chaux hydratée liée aux projets d'expansion des concessions de mytiliculture dans la baie Malpeque. Pour répondre à la demande d'avis, les questions suivantes ont été prises en compte :

- examiner l'état actuel des connaissances concernant l'utilisation de la chaux hydratée dans les activités aquacoles et ses effets sur l'écosystème aquatique, notamment sur les changements dans la qualité de l'eau (étendue et durée), les incidences sur le milieu benthique et les effets sur les organismes marins (létaux, sublétaux et comportementaux);
- examiner les pratiques actuelles de l'industrie en ce qui concerne l'utilisation de la chaux hydratée dans la baie Malpeque;
- quantifier la durée du panache de l'agent thérapeutique, comme l'indiquent les changements de pH par rapport à la situation de départ dans les limites des concessions;
- quantifier la présence des organismes non ciblés (plus précisément le homard) dans les zones où l'on envisage une expansion des concessions dans la baie Malpeque;
- quantifier la réaction des organismes non ciblés (plus précisément le homard) aux changements chimiques de l'eau dans le contexte des pratiques courantes de l'industrie, pour les concessions élargies dans la baie Malpeque; et
- fournir des conseils quant à l'ampleur de l'augmentation de l'empreinte environnementale des concessions proposées dans la baie Malpeque, et de l'utilisation accrue des traitements à la chaux, comparée à l'empreinte des concessions élargies sans ces traitements.

ÉVALUATION

Le système de la baie Malpeque est situé sur la côte nord de l'Île-du-Prince-Édouard. Il s'agit d'une grande baie (19 640 ha), peu profonde (profondeur maximale 13 m), formée de plusieurs bassins (figure 1). Un réseau hydrographique complexe se déverse dans la baie Malpeque en plusieurs points et la baie s'ouvre sur le golfe du Saint-Laurent par de multiples ouvertures. À l'heure actuelle, la plus grande partie de l'activité de mytiliculture (polygones rouges à la figure 1) se situe dans la zone nord-est de la baie, dans deux sous-bassins, March Water et le bassin Darnley, qui sont partiellement isolés du plan d'eau principal, et dans d'autres zones réparties le long des côtes de la baie caractérisées par une circulation plus ouverte.

L'expansion des concessions proposée et envisagée pour la baie Malpeque représente 590 ha de concessions, ce qui permettrait d'accroître la couverture spatiale de la zone concédée de

7 % à 10 % de la baie Malpeque. Les emplacements exacts dans la baie des futures concessions de mytiliculture qui pourraient être ajoutées sont encore à l'étude. Le scénario d'expansion des concessions analysé par Pêches et Océans Canada (2015) situe les nouvelles concessions dans la partie centrale du système, au sud de March Water, et sur la côte ouest, toutes à au moins 1 500 pieds (environ 457 m) du rivage et dans des eaux d'une profondeur d'au moins 15 pieds (environ 4,6 m).

Caractéristiques chimiques de la chaux hydratée

Le carbonate de calcium ($CaCO_3$) est une substance commune dans la roche de toutes les parties du monde; elle est la principale composante du calcaire et des coquilles des mollusques marins. Lorsque le carbonate de calcium est chauffé à haute température, le dioxyde de carbone (CO_2) est relâché formant la chaux vive (CaO) (figure 2). La chaux vive, le produit de la calcination du calcaire, est composée d'oxydes de calcium et de magnésium (Fact Sheet Properties of Lime January 2007; consulté le 31 mai 2016). Lorsqu'elle est mélangée à l'eau, la chaux vive saisit les hydroxydes (OH) de l'eau et produit de la chaux hydratée ($Ca(OH)_2$) en une réaction exothermique qui libère une chaleur extrême.

La chaux hydratée est un cristal incolore ou une poudre blanche qui est soluble dans l'eau à 0,16 g par 100 g (CRC 2005). Une solution saturée de chaux hydratée dans l'eau distillée aura un pH d'environ 12,7 et est décrite par la formule d'équilibre :

$$Ca(OH)_2(s) \leftrightarrow Ca^{++}(aq) + 2OH^{-}(aq)$$

La chaux hydratée se retransforme rapidement en carbonate de calcium en présence de dioxyde de carbone (CO_2) dans l'air ou dans l'eau. Le taux de conversion de la chaux hydratée en carbonate de calcium dépend de la température, de la taille des particules de chaux et de la disponibilité du dioxyde de carbone (en général, 0,59 kg de dioxyde de carbone est nécessaire pour convertir 1 kg de chaux hydratée). La solubilité du carbonate de calcium est faible (0,00066 g par 100 g d'eau); il y a donc possibilité de formation d'un précipité sur le fond marin lorsque la réaction se produit. Dans le milieu marin, une partie du précipité peut également contenir du carbonate de magnésium étant donné que le magnésium est un élément libre plus abondant que le calcium dans l'eau de mer, mais aussi parce que la chaux vive commerciale peut également contenir du MgO. Le carbonate de calcium ne s'accumulera pas nécessairement dans les sédiments marins, car il peut se dissocier en bicarbonate $2(HCO_3^-)$ et en calcium ionique (Ca^{++}) (composés normalement présents dans le milieu marin), en présence de CO_2 dissous.

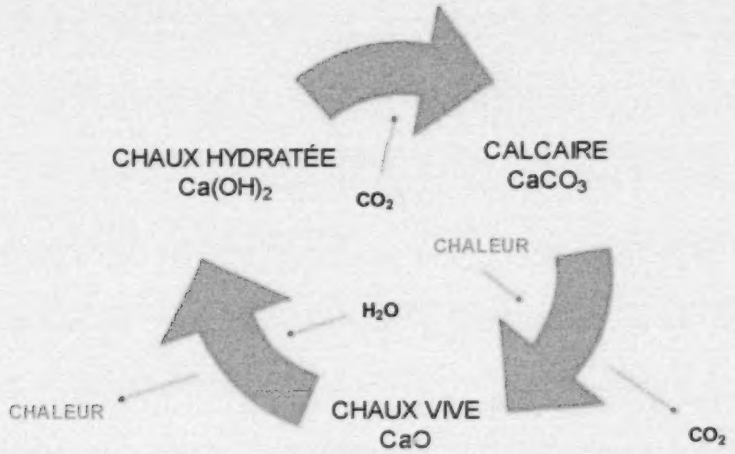

Figure 2. Cycle de la réaction chimique du calcaire à la chaux vive à la chaux hydratée et reconversion (schéma tiré de Ramsay et al. 2014).

Pratiques de traitement à la chaux dans l'industrie

Dans l'industrie de l'aquaculture de l'Île-du-Prince-Édouard, la chaux hydratée est mélangée à l'eau de mer pour créer une suspension à une concentration approximative de 4 % (40 g de chaux hydratée dans 960 mL d'eau de mer). La solution saturée de chaux est très alcaline avec un pH de 12,3 à 12,8; par opposition à l'eau de mer qui a une plage de pH normale de 7,0 à 8,7. Le traitement à la chaux hydratée est efficace pour réduire le nombre de tuniciers envahissants à des niveaux plus faciles à gérer, avec environ 90 % de mortalité chez les tuniciers traités (MPO 2010). Les filières de moules sont traitées à l'aide de solutions saturées de chaux hydratée selon l'une des trois méthodes suivantes (Ramsay et al. 2014) :

- Bain d'immersion où les boudins, les filières et les infrastructures connexes sont passés dans une cuvette contenant une solution saturée de chaux hydratée.
- Vaporisation manuelle d'une solution saturée de chaux hydratée sur les boudins, les filières et les infrastructures connexes dans un système ouvert, la solution de traitement s'égouttant directement dans l'environnement.
- Vaporisation d'une solution saturée de chaux hydratée sur les boudins, les filières et les infrastructures connexes à l'aide de plusieurs buses de douche basse pression dans un système fermé. Une cuve de récupération est utilisée pour contenir et récupérer une partie de la solution de traitement qui est ensuite réutilisée pour traiter les boudins.

La méthode de vaporisation, en système ouvert ou fermé, est utilisée principalement sur les boudins de grossissement; il s'agit de la méthode standard de l'industrie actuellement utilisée pour contrôler les salissures causées par l'ascidie plissée (*S. clava*). Les filières et les boudins de moules sont soulevés hors de l'eau, laissés à sécher à l'air pendant environ 20 secondes et vaporisés légèrement avec la solution saturée de chaux. Après avoir été vaporisés, les boudins sont lentement retournés à l'eau, permettant ainsi une deuxième exposition à l'air d'environ 45 secondes. L'exposition à l'air après l'application de la chaux est une étape importante du processus et est nécessaire pour assurer un taux de mortalité élevé des tuniciers.

Il n'y a pas de norme de l'industrie quant au moment d'effectuer les traitements. En règle générale, le traitement est effectué lorsque les tuniciers sont petits et avant que leurs salissures

ne deviennent de grandes masses sur les moules mises en culture et sur l'infrastructure. Les éleveurs décident eux-mêmes du moment du traitement et la décision de traiter est fondée sur le dénombrement des tuniciers et sur l'évaluation des cultures. L'activité commence habituellement vers la fin du mois de juillet et se prolonge jusqu'au début de novembre. En général, les filières sont traitées une fois par année.

Les éleveurs de la baie Malpeque peuvent également utiliser la chaux pour contrôler les étoiles de mer sur les filières de naissains, du début du mois de juillet jusqu'à la fin du mois d'août; il peut y avoir jusqu'à trois traitements par année.

Le taux d'utilisation de la chaux hydratée a été estimé de 1 à 2 sacs (22,7 kg par sac) de chaux par filière de 600 pi (400 boudins). Le traitement par vaporisation en système ouvert nécessite environ 2 sacs de chaux par filière et 6 à 10 filières peuvent être traitées par jour (270 à 450 kg par jour avec un bateau). Les éleveurs qui utilisent le traitement par vaporisation en système fermé peuvent traiter de 10 à 12 filières par jour, ce qui représente environ 1 sac de chaux par filière (230 à 270 kg par jour avec un bateau). À l'échelle de la baie, on a estimé que l'effort collectif nécessaire pour traiter tous les boudins dans la baie Malpeque était d'environ 97 jours-bateaux, pour le traitement de vaporisation en système ouvert.

Effets de la chaux hydratée sur l'écosystème aquatique

Changements de la qualité de l'eau (étendue et durée)

Comme une solution saturée de chaux hydratée est fortement alcaline, l'effet mesurable immédiat lorsqu'elle est introduite dans l'environnement aquatique est une modification du pH de l'eau réceptrice. Une solution à 4 % de chaux hydratée a un pH d'environ 12,7 (plage de 12,3 à 12,8). L'empreinte du pH est définie par le temps nécessaire au pH de l'eau réceptrice pour revenir à la plage ambiante et par la distance à laquelle le pH de l'eau réceptrice est modifié par rapport à la plage ambiante. La plage ambiante de l'eau de mer est de 7,0 à 8,7 unités de pH.

La libération de solutions de chaux hydratée par les filières de moules à la suite de traitements opérationnels à la chaux dans la baie Malpeque a été étudiée de 2013 à 2015 en fixant des capteurs de pH directement sur les boudins de moules salis soumis au traitement. Le pH mesuré (9,3 à 11,7) était le plus élevé immédiatement après avoir remis les boudins dans la colonne d'eau, mais par la suite, le pH diminuait rapidement à des niveaux inférieurs à 8,7 unités de pH dans un délai de 3,1 ± 0,5 minutes (moyenne ± écart-type de la moyenne; fourchette de 0,3 à 10,5 min; n = 31 boudins). Des différences ont été constatées dans la durée du changement de pH mesuré entre les bateaux, ce qui suggère que la quantité de chaux hydratée relâchée dans l'environnement a été en grande partie régie par l'éleveur et peut-être selon l'importance de l'infestation par les tuniciers au moment du traitement.

Un contrôle dans les deux à dix minutes qui ont suivi le traitement a démontré que le changement de pH était principalement confiné à une plage de profondeur de 1,0 à 3,0 m, ce qui est cohérent avec la longueur des boudins, telle qu'elle est mesurée à l'intérieur de 5 m des boudins traités. Pendant que les éleveurs traitaient les boudins, des capteurs déployés à environ 15 cm au-dessus du fond marin ont détecté une série d'augmentations de pH au-dessus des niveaux ambiants (figure 3). Les augmentations de pH par rapport au pH ambiant variaient de 0,02 à 0,48 unité de pH et la valeur absolue maximale enregistrée était de 8,4 unités de pH. La durée de ces changements de pH a varié de 2,4 à 126,0 minutes, pour une durée moyenne de 36,8 minutes (erreur type ± 8,0).

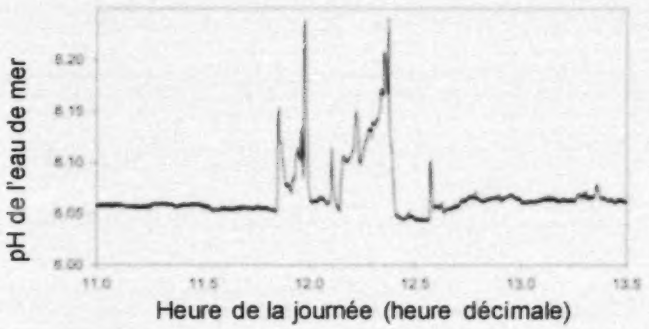

Figure 3 Exemple de fluctuation du pH au-dessus du fond marin au cours du traitement des boudins avoisinants (< 90 m) (Burridge et Comeau 2016).

Incidences sur le milieu benthique

Au cours de deux traitements effectués dans les secteurs du bassin Darnley et de March Water de la baie Malpeque, les plongeurs ont observé un nuage de particules dans la colonne d'eau immédiatement en dessous de la zone où les boudins traités quittaient la cuvette de chaux ou près de la vaporisation en surface. Les particules ont dérivé jusqu'aux sédiments et semblaient se dissocier. Cependant, le temps nécessaire pour rejoindre les sédiments et le sort des particules n'ont pas été mesurés (Ramsay et al. 2014). En se fondant sur les photos sous-marines des tapis verts en AstroTurf déployés en dessous et entre les filières traitées dans la zone d'étude de la baie Malpeque, il n'y avait aucun signe apparent de précipité sur les tapis (Burridge et Comeau 2016). Cependant, la modélisation de la répartition sédimentaire prenant compte des courants et du taux de sédimentation indique que les particules fines pourraient avoir été transportées sur une distance de plus de 100 m. Dans le cadre de toutes ces études et selon les nombreuses observations du personnel sur le terrain, aucune preuve visuelle d'accumulation de particules de carbonate n'a été décelée sur le fond.

La baie Malpeque est suffisamment grande et son débit d'eau est suffisant pour assimiler et convertir chimiquement presque toute la chaux hydratée (en carbonate) relâchée par les exploitations mytilicoles. Par la suite, la présence de CO_2 dissous dans l'eau favorisera la désassociation du carbonate qui pourrait se déposer dans les sédiments, à un taux de désassociation établi par un certain nombre de facteurs liés à la chimie de l'eau ambiante. Filgueira et al. (2015) ont examiné les cycles du CO_2 près des fermes mytilicoles et, bien qu'ils n'aient pas explicitement abordé les questions de chaulage et de dépôts de carbonate, il est clair que les données provenant de cette activité sont probablement sans conséquence pour l'écosystème. Cependant, on dispose de peu de renseignements ou de mesures sur les différences chimiques des sédiments entre les sites témoins et les sites de culture en ce qui concerne les particules de carbonate. Il est aussi probable, mais non mesuré, que le carbonate provenant des traitements à la chaux soit une petite composante pour les baies comparativement aux sources biogéniques.

Effets sur les organismes marins (létaux, sublétaux et comportementaux)

Il existe un nombre limité d'études sur les effets létaux et sublétaux de la chaux hydratée sur les organismes marins. (Burridge et Comeau, 2016)

Il y a peu de documentation quant aux effets de l'alcalinité sur le développement embryonnaire et la survie des larves de bivalves (Locke 2008). Une exposition de 48 heures à 9,0 unités de pH s'est avérée létale chez les larves des huîtres de l'est (*Crassostrea virginica*) et des

palourdes (*Mercenaria mercenaria)* dans des conditions de laboratoire. Une exposition de 48 heures à 8,5 unités de pH a abaissé le pourcentage d'embryons de *Mulinia lateralis* (mactre naine) qui se sont développés normalement, et une exposition de six à huit jours à 9,0 unités de pH a diminué le taux de survie de *M. lateralis* au stade larvaire. Cependant, ces conditions ne sont sans doute pas représentatives des conditions sur le terrain en fonction de la durée d'exposition et de la concentration après le traitement.

Les seuils létaux fondés sur les essais statiques d'exposition de 96 h pour plusieurs espèces sont présentés au tableau 1. Comme test de toxicité standard, les résultats CL50 - 96 h sont utiles pour évaluer la toxicité relative, mais les conditions du test ne sont pas représentatives des conditions sur le terrain en ce qui concerne la durée d'exposition et la concentration (constante plutôt qu'en baisse).

La concentration sans effet observé (CSE_O) de 14 jours, une concentration qui entraîne moins de 10 % de mortalité sur 14 jours, pour l'essai sur la crevette grise était de 32 mg/L (8,7 unités de pH), une dilution de 1:1 250 de la concentration de 4 % du traitement utilisé dans l'industrie (tableau 1). Les observations sur la survie des larves de homard exposées à une plage de concentrations et de scénarios d'exposition démontrent que les larves de homard de stade III ont été tuées uniquement à des concentrations élevées de chaux (600 à 900 mg/L) après des expositions d'une heure (unique ou multiple), une dilution de 1:42 à 1:67 de la concentration du traitement (tableau 1).

Les effets sublétaux sur le comportement, indiqués par la fréquence des rétractions de la queue et les préférences en matière de substrat, ont été examinés chez les larves de homard et les crevettes grises. La rétraction de la queue des homards de stade IV est une réaction documentée des animaux exposés au stress. Les rétractions de la queue des larves de homard (stade IV) ont augmenté quand la chaux hydratée a été introduite, les rétractions ont ensuite diminué à mesure que les particules se déposaient sur le fond marin (Burridge et Comeau, 2016). On a suggéré que les homards réagissaient au contact de petites particules de chaux non dissoutes. Dans le cadre d'une expérience en laboratoire, des crevettes grises ayant le choix de se fixer sur un fond sablonneux traité ou non traité à la chaux hydratée ont démontré une préférence pour le sable non traité dans des aquariums vitrés (Reebs et al. 2011). Dans les conditions naturelles, il est probable que la plus grande partie ou la totalité de la chaux hydratée entrant dans la colonne d'eau aurait été convertie en carbonate de calcium avant qu'elle n'atteigne le fond marin, alors que ce n'était probablement pas le cas dans les aquariums.

Tableau 1. Résultats des tests de toxicité des suspensions de chaux hydratée sur la crevette grise, les larves de homard et l'épinoche (Locke et al. 2009; Burridge et Comeau 2016). La CSEO est la concentration sans effet observé qui représente la concentration entraînant moins de 10 % de mortalité pendant toute la durée de l'expérience.

Exposition d'essai	Espèce	Moyenne (intervalle de confiance de 95 %)	
		$mg \cdot L^{-1}$	pH
CL50 : 96 heures	Crevette grise (*Crangon septemspinosa*)	158 (50 à 500)	9,70 (9,12 à 10,3)
	Larves de homard (stade III) (*Homarus americanus*)	121 (73,5 à 198)	9,73 (9,47 à 9,99)
	Larves de homard (stade IV)	998 (620 à 1 610)	10,3 (10,0 à 10,5)
	Épinoche à trois épines (*Gasterosteus aculeatus*)	457 (262 à 785)	10,47 (10,26 à 10,52)

Exposition d'essai	Espèce	Moyenne (intervalle de confiance de 95 %)	
		$mg \cdot L^{-1}$	pH
CL50 : 14 jours	Crevette grise	53,1 (48,3 à 58,4)	9,20 (9,12 à 9,20)
CL50 : après une impulsion d'une heure, suivie de 12 jours dans l'eau de mer propre	Larves de homard (stade III)	965 (633 à 1 470)	10,6 (10,2 à 11,0)
CL50 : après une impulsion d'une heure, pendant trois jours consécutifs, suivis de 9 jours dans l'eau de mer propre	Larves de homard (stade III)	606 (336 à 1 090)	10,5 (10,1 à 10,9)
CSEO : 96 heures	Crevette grise	100 (n.d.)	9,54 (n.d.)
	Épinoche à trois épines	100 (n.d.)	9,54 (n.d.)
CSEO : 14 jours	Crevette grise	32 (n.d.)	8,17 (n.d.)

Présence d'organismes non ciblés (plus précisément le homard) dans les zones envisagées pour les concessions élargies dans la baie Malpeque

On compte plusieurs espèces de crustacés et de mollusques bivalves sauvages présentant des intérêts en matière de pêche dans la baie Malpeque. Les principaux bivalves sauvages comprennent les huîtres de l'est, les mactres d'Amérique, les myes et les palourdes américaines. Les espèces de crustacés d'intérêt comprennent le homard et le crabe commun de l'Atlantique. Toutes ces espèces ont des stades larvaires planctoniques au cours de leurs cycles biologiques qui pourraient interagir avec les activités de chaulage de l'aquaculture dans la baie Malpeque (Ouellette et al. 2016).

D'après un échantillonnage limité, les larves d'huîtres étaient présentes en abondance dans la colonne d'eau de la baie Malpeque à partir de la fin juillet jusqu'au début d'août (figure 4). Cette phase a été suivie du recrutement réussi des larves (benthiques) à la fin du mois d'août. Le scénario des moules bleues était similaire, bien que devancé d'environ un mois, avec une plus grande abondance de larves planctoniques de la fin mai à la fin juillet, suivie par des niveaux élevés de larves planctoniques et ce, à partir de la fin du mois de mai jusqu'à la fin juillet, suivie de niveaux élevés de larves de la taille de transition benthique. La présence continue, mais peu abondante de larves planctoniques de la moule bleue de la fin juillet à la mi-octobre indique des événements de frai secondaires.

Il n'y a pas de données pour le homard et le crabe commun dans la baie Malpeque, mais les caractéristiques de ces espèces dans le sud du golfe du Saint-Laurent (sgSL) devraient s'appliquer. Dans le cas du homard, l'éclosion dans le sGSL est habituellement observée durant les mois de juillet et août. Les larves passent par trois stades larvaires de nage libre et un stade post-larvaire (IV). Elles sont toutes très concentrées à la surface ou très près de la surface (dans les 2 premiers mètres). Les stades I à III sont actifs, mais les nageurs sont relativement faibles en termes de maintien de la position ou de progression dans des eaux mouvantes, comparativement au stade IV où l'on constate de remarquables habiletés de nage et une capacité pour la nage rapide et dirigée. En général, la durée du stade diminue avec une augmentation de la température de l'eau. Les larves de stade I peuvent apparaître dès la fin juin, le plus grand nombre étant concentré en juillet et une bonne partie du mois d'août. La mue au stade IV représente la transition du stade planctonique au stade benthique. Les larves de

stade IV sont observées dans la partie supérieure de la colonne d'eau, mais entreprennent des déplacements verticaux répétés à la recherche d'une température et de conditions du substrat convenables pour s'établir. La transition jusqu'au stade IV peut prendre de 11 à 49 jours, selon la température, et devrait être terminée au début du mois de septembre. Par conséquent, les larves de homard devraient être présentes dans la colonne d'eau de la fin juin au début septembre de chaque année (figure 4).

Les larves de crabe commun éclosent dans le sud du golfe du Saint-Laurent dès la mi-juin, avec une abondance larvaire maximale observée en août et en septembre. L'établissement sur le fond peut être observé jusqu'à la mi-septembre (figure 4).

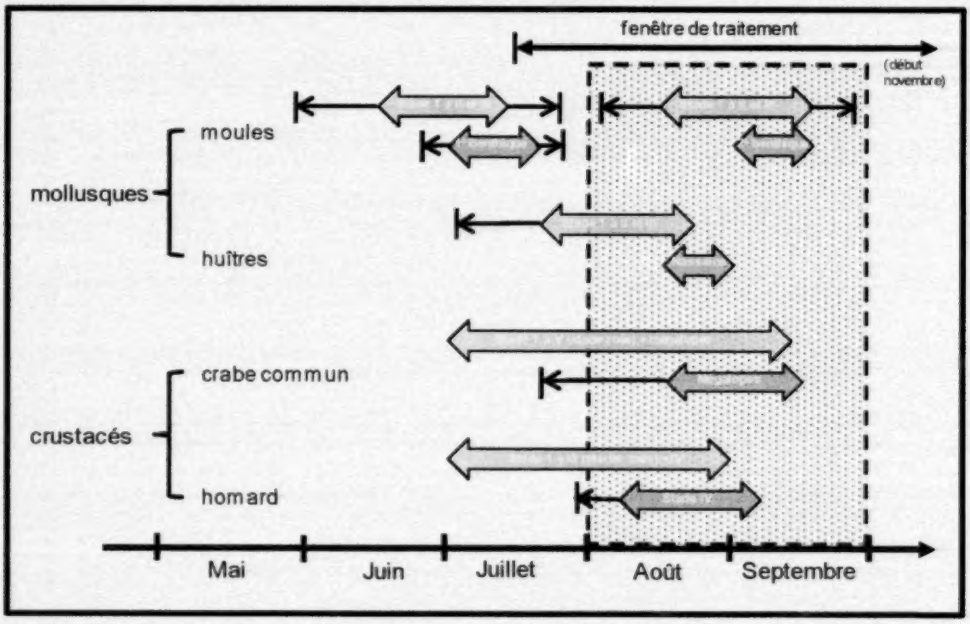

Figure 4. Résumé de la répartition temporelle approximative des stades de vie pélagiques (en vert) et des premiers stades benthiques (en orange) pour les espèces de mollusques et de crustacés dans le sud du golfe du Saint-Laurent. Les périodes d'abondance maximale sont représentées par les grandes flèches avec ombrage indiquant la plus grande abondance et les plages sont représentées par les petites flèches. La durée et la synchronisation des stades pélagiques sont principalement régies par la température de l'eau et la qualité des œufs, tandis que le type d'habitat devient un facteur supplémentaire au cours des stades benthiques. La fenêtre générale (rectangle grisé et flèche indiquant la plage pendant la saison) présente également les traitements de chaulage des collecteurs de naissain et des opérations de grossissement dans la baie Malpeque.

En général, les homards adoptent un habitat particulier et sélectionneront un habitat plus complexe avec un assemblage de roches (blocs) sur un substrat plus mou et plus meuble (galets et gravier qui peuvent être mélangés à de la boue ou du sable) afin de profiter des roches pour se creuser un abri où ils passeront la plus grande partie de leur temps. L'établissement des homards de stade IV sur le fond marin est principalement dicté par la température et le type d'habitat. Un habitat rocheux dans des eaux peu profondes (<10 m) et tièdes (≥12 °C) est particulièrement important pour favoriser la transition entre le stade pélagique et le stade benthique (stade IV) et assurer un abri contre les prédateurs. Les juvéniles confinés à l'abri (≤33 mm de longueur de carapace; LC) sont plus abondants dans les substrats de galets ou de blocs rocheux et de galets et sont très peu abondants dans les

vasières. Selon des études de marquage, les déplacements des homards avec une LC >51 mm dans le sud du golfe du Saint-Laurent sont en grande partie limités à de courtes distances; dans la zone Malpeque, la distance moyenne parcourue est de 10 km avec un échange entre les secteurs de la baie et les eaux côtières adjacentes de la région du Golfe.

Le crabe commun de toutes les tailles se retrouve dans une vaste gamme de profondeurs et de types d'habitats, les plus gros spécimens se retrouvant en abondance d'abord sur les substrats où la vase prédomine et [illegible] les substrats de sable, mais également sur les substrats de roches et de galets. Les plus fortes abondances de spécimens plus petits (<65 mm de largeur de carapace) sont principalement observées dans les zones rocheuses. Les crabes communs sont également présents dans de petits estuaires très chauds où des migrations saisonnières importantes vers l'intérieur et vers l'extérieur de ces petits estuaires ont été observées.

On dispose de peu de renseignements à petite échelle sur les activités de pêche du homard et du crabe commun dans la baie Malpeque. La pêche commerciale du homard dans la zone de pêche (ZPH) 24 qui comprend la baie Malpeque est habituellement ouverte du 1er mai au 30 juin. Les connaissances locales indiquent qu'il y a une augmentation de l'activité de pêche au homard dans la baie Malpeque en juin, alors que les pêcheurs déplacent les casiers dans la baie en raison de l'augmentation de la température de l'eau. De 2012 à 2014, un relevé des bouées de pêche au homard a été effectué et a démontré que les zones utilisées pour la pêche étaient surtout les chenaux à l'embouchure de la baie et les bords les plus profonds de la ligne de fond. Il n'y a pas d'activités de pêche dans les parties nord-ouest, est (March Water) et sud-ouest de la baie, où des concessions de conchyliculture sont présentes (Ouellette et al. 2016) (figure 5). On dispose de peu de renseignements à petite échelle sur les activités de pêche du crabe commun dans la baie Malpeque. Un relevé des bouées de pêche au crabe commun réalisé en 2012 et en 2013 indique que les habitudes de pêche au crabe commun sont semblables à celles du homard, avec un effort de pêche continu principalement concentré dans les chenaux plus profonds qui commencent à l'embouchure de la baie en direction sud-est, puis sud-ouest.

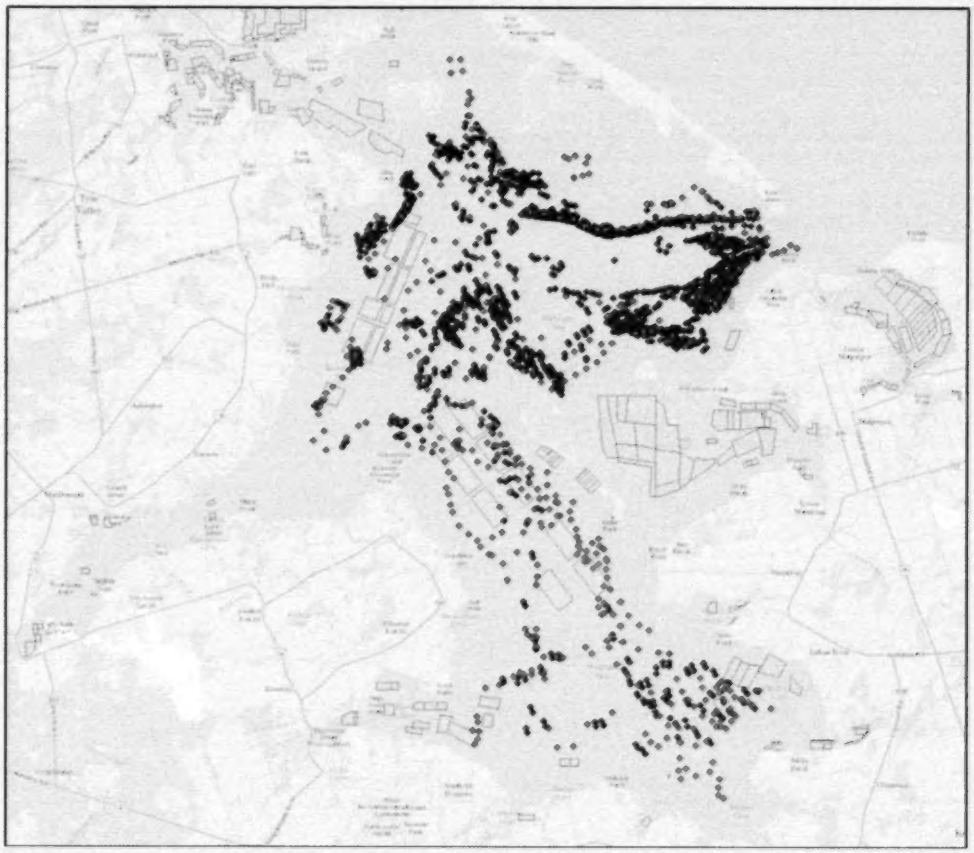

Figure 5. Couverture spatiale des bouées pour la pêche aux homards (indiquée par des points de couleur, selon l'année) dans la baie Malpeque, Î.-P.-É, selon un relevé réalisé de 2012 à 2014 par la Division des concessions aquacoles du MPO. La figure présente également un scénario des sites proposés de conchyliculture (polygones vert pâle) et des sites actuels (polygones gris) des concessions de conchyliculture.

Une classification acoustique du fond marin avec vérification sur le terrain en plongée autonome a été utilisée pour caractériser les habitats dans le cadre du scénario d'expansion des concessions proposé dans la baie Malpeque afin de déterminer leur importance sur l'abondance du homard. Les densités de homards et la fréquence des tailles sont en corrélation avec le type d'habitat. L'habitat de prédilection des homards (type I) se caractérise par des blocs rocheux et des galets sur une combinaison de grès dur, de sable et de boue. L'habitat de bonne qualité des homards (type II) est composé de petits récifs avec une combinaison de blocs rocheux, de galets, de boue, de sable et de grès dur, séparés par un habitat simple meuble (vase et sable). Selon les caractéristiques du fond marin, la zone du bloc sud est un habitat de mauvaise qualité pour le homard (type IV; substrat meuble) et semble être une zone transitoire (figure 6). La partie sud du bloc ouest est un habitat de prédilection pour les homards (type I et II); elle est considérée comme une zone de résidence (figure 6).

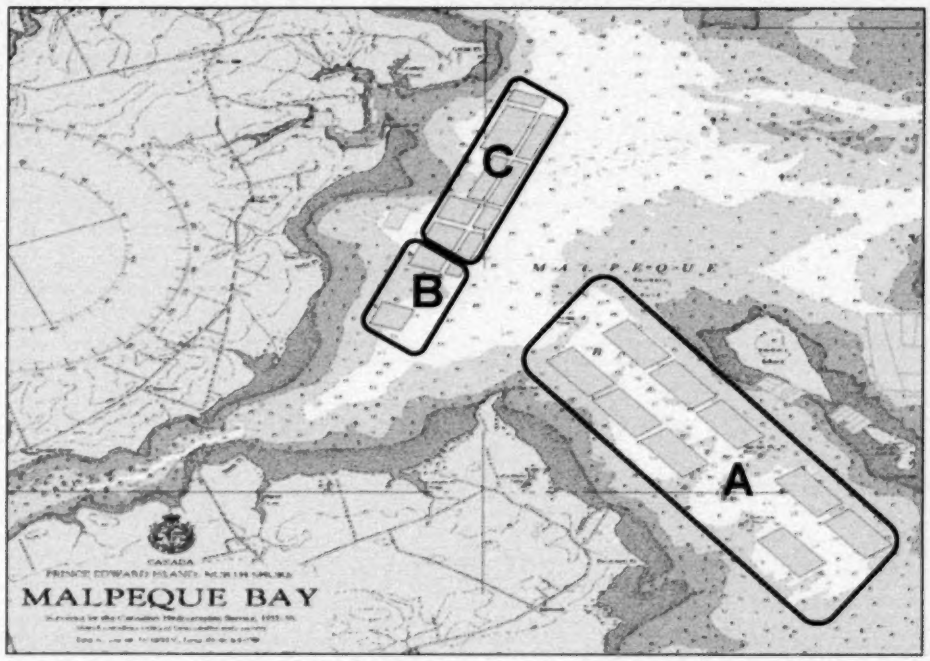

Figure 6. Résumé de l'évaluation spatiale de l'habitat du homard dans le cadre du scénario d'expansion des concessions proposé dans la baie Malpeque, à l'Île-du-Prince-Édouard. L'habitat à l'intérieur des polygones marqués (A) et (C) est considéré comme un habitat de mauvaise qualité pour le homard et sert de zone transitoire. L'habitat à l'intérieur du polygone marqué (B) est considéré comme étant l'habitat de prédilection des homards et sert d'habitat de résidence pour tous les stades de vie benthique et tous les groupes de tailles de homard.

Étendue de la réaction des organismes non ciblés aux changements chimiques de l'eau prévus avec les pratiques courantes de l'industrie dans le cadre de l'expansion des concessions dans la baie Malpeque

La vaporisation d'une solution saturée (environ 4 %) et hautement alcaline (environ 12,7 unités de pH) de chaux hydratée directement sur des moules bleues d'élevage a provoqué une réaction comportementale négative. Après la réimmersion, les moules vaporisées ont présenté un retard d'environ sept minutes avant d'ouvrir leur valve, comparativement aux moules de contrôle. Il s'agit d'une courte période qui ne devrait avoir aucune véritable incidence sur la physiologie.

Le homard, le crabe et les larves de bivalves sont susceptibles d'être présents dans la colonne d'eau pendant le déroulement des activités de chaulage.

Le stade I et potentiellement le stade IV sont les deux stades larvaires du homard ayant le plus fort potentiel d'interaction avec les activités de chaulage en raison du moment de leur présence saisonnière et de leur répartition verticale dans la colonne d'eau. Les larves présentes dans un panache post-traitement d'environ deux mètres seraient soumises à une forte alcalinité pendant une courte période, c.-à-d. quelques minutes. En comparaison avec l'information sur la toxicité dont nous disposons, il semble peu probable que les traitements à la chaux hydratée, effectués selon les pratiques actuelles, puissent avoir des effets nocifs sur les larves de homard.

Il est probable que les stades benthiques mobiles des crustacés puissent quitter les masses d'eau de pH élevé aux échelles spatiales et temporelles mesurées sur le terrain. Les mesures empiriques des niveaux de pH sous les boudins de moules traités dans la baie Malpeque indiquent de très petites augmentations du pH par rapport aux niveaux ambiants et pour des périodes relativement courtes.

Sources d'incertitude

Il n'y a pas de renseignements précis sur la présence et la répartition temporelle et spatiale des larves de homard dans la baie Malpeque que l'on pourrait comparer aux aspects spatial et temporel des opérations de traitement à la chaux. De plus, les variations interannuelles du calendrier des stades larvaires demeurent non documentées pour la baie Malpeque.

Il n'y a aucune information sur les conséquences à moyen et à long terme des courtes (minutes) impulsions d'exposition à un pH plus élevé causé par les traitements à la chaux sur les différents spécimens.

La caractérisation de l'étendue du signal du pH, qui est utilisée pour définir l'étendue spatiale de l'effet du traitement, n'est pas bien quantifiée en raison de la dynamique tridimensionnelle de l'environnement de mélange et de la réaction chimique en cours. Toutefois, les observations empiriques indiquent que les changements dans les niveaux de pH sont faibles ou indétectables au-delà de cinq mètres du site de traitement.

On dispose de peu de renseignements au sujet du sort environnemental du carbonate (calcium et magnésium) dans les sédiments. Aucune étude n'a été signalée sur la toxicité de la chaux hydratée incorporée dans les sédiments des fonds marins pour les organismes sédimentaires et il n'y a pas de lignes directrices sur la qualité des sédiments pour la chaux au Canada (CCME 1999). Le carbonate de calcium peut être persistant, ce qui indique le potentiel d'une accumulation dans les sédiments avec une utilisation continue. Toutefois, ces composés devraient être inertes et en présence de CO_2, le carbonate de calcium peut être converti en bicarbonate et en calcium. Les cycles du CO_2, en particulier ceux qui sont associés à la mytiliculture et aux changements de marée, peuvent servir à maintenir la dissolution du CO_2 et, par conséquent, réduire l'empreinte du carbonate de calcium.

La quantité totale de chaux utilisée pendant les traitements tout au long d'une année dans la baie Malpeque n'est pas rapportée. Il existe des variations dans le calendrier des traitements des détenteurs de concession, dans l'équipement utilisé et dans les quantités de chaux utilisées pour chaque traitement. Cela empêche tout calcul rigoureux de la charge totale de chaux déversée dans la baie Malpeque et toute évaluation subséquente des effets à l'échelle de la baie sur les organismes non ciblés.

CONCLUSIONS ET AVIS

L'application de chaux hydratée dans la baie Malpeque entraîne des effets à court terme et à petite échelle sur les caractéristiques de pH de la colonne d'eau à proximité de l'activité de traitement. Les risques pour les organismes non ciblés par l'utilisation de chaux hydratée dépendent du danger (toxicité) et de l'exposition. Bien que des valeurs de pH de pointe en raison d'un traitement soient à des niveaux pouvant causer des effets nocifs, la durée de l'exposition est plus courte que celle des expériences réalisées en laboratoire qui ont démontré des effets létaux ou sublétaux.

Les stades larvaires planctoniques de nombreuses espèces de bivalves et de crustacés seraient susceptibles de se trouver dans la colonne d'eau pendant les traitements de chaulage

dans la baie Malpeque, ces derniers pouvant être effectués de la fin juillet à novembre. La concentration létale (CL50) pour les larves de homard de stade III basée sur une impulsion d'exposition d'une heure est beaucoup plus élevée que la concentration que l'on retrouverait immédiatement dans la colonne d'eau après la réimmersion des boudins nettoyés.

Dans la baie Malpeque, la majorité des habitats du fond marin évalués dans le cadre du scénario d'expansion des concessions examiné ont été considérés omme étant de mauvaise qualité pour le homard. La seule exception est la partie sud du bloc ouest (figure 6), qui a été caractérisée comme habitat de prédilection pour les homards (type I et II). Si les traitements à la chaux sur les sites ont entraîné une précipitation du carbonate dans les sédiments, les conséquences pour la production de homards dépendraient du type d'habitat au sein de la concession. Selon les observations empiriques, il n'y a pas eu de signes visuels de précipitation des particules sur le fond marin.

Les activités de chaulage associées à l'expansion des concessions ne sont pas susceptibles d'entraîner une empreinte environnementale qui serait beaucoup plus grande que l'empreinte associée aux exploitations mytilicoles.

SOURCES DES RENSEIGNEMENTS

Le présent avis scientifique découle de la réunion tenue les 8 et 9 février 2016 sur l'Examen des conséquences potentielles des traitements à la chaux hydratée liées à l'expansion proposée de la production de moules dans la baie Malpeque, à l'Île-du-Prince-Édouard. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le Calendrier des avis scientifiques du secteur des Sciences de Pêches et Océans Canada (MPO).

Burridge, L.E., and Comeau, L. 2016. Use of hydrated lime to control *Styela clava* in the PEI mussel farming industry, industry practises and potential effects on non-target invertebrates. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2016/024. v + 12 p.

Burridge, L.E., Doe, K.G., and Ernst, W. 2011. Pathway of effects of chemical inputs from the aquaculture activities in Canada. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2010/017. vi + 57 p.

Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME). 1999. Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux : protection de la vie aquatique, pH (eau de mer). *In* Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux, 1999, Conseil canadien des ministres de l'environnement, Winnipeg. (consulté le 31 mai 2016).

Chemical Rubber Publishing Company (CRC). 2005. Handbook of Chemistry and Physics. 86th Edition. CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, FL, USA.

Filgueira, R., Byron, C., Comeau, L.A., Costa-Pierce, B., Cranford, P.J., Ferreira, J.G., Grant, J., Guyondet , T., Jansen, H.M., Landry, T., McKindsey, C.W., Petersen, J.K., Reid, G.K., Robinson, S.M.C., Smaal, A., Sonier, R., Strand, Ø., and Strohmeier, T. 2015. An integrated ecosystem approach for assessing the potential role of bivalve shells as part of the carbon trading system. Mar. Ecol. Prog. Ser. 518: 281-287.

Locke, A. 2008. Tabulated observations of the pH tolerance of marine and estuarine biota. Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci. no. 2857, iv + 28 p.

Locke, A., Doe, K.G., Fairchild, W.L., Jackman, P.M., Reese, E.J. 2009. Preliminary evaluation of effects of invasive tunicate management with acetic acid and calcium hydroxide on non-target marine organisms in Prince Edward Island, Canada. Aquatic Invasions 4(1): 221-236.

MPO. 2010. Les séquences d'effets liées à l'aquaculture des poissons, des mollusques et des crustacés. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2009/071.

MPO. 2015. Capacité de charge pour la conchyliculture par référence à la mytiliculture dans la baie Malpeque, à l'île-du-Prince-Édouard. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2015/003.

Ouellette, M., Comeau, M., LeBlanc, A., Comeau, B. 2016. Characterization of lobster habitat and fishery to inform marine spatial planning in Malpeque Bay, PEI. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2016/025. v + 39 p.

Ramsay, A., Gill, K., Morrison, A., MacNair, N. 2014. Hydrated lime application by the PEI aquaculture industry. PEI Department of Fisheries, Aquaculture and Rural Development, Technical Report 253. iv + 28 p. (consulté le 31 mai 2016).

Reebs, S.G., Jackman, P.M., Locke A., Fairchild, W.L. 2011. Avoidance by sand shrimp, *Crangon septemspinosa*, of sandy patches covered by hydrated lime (calcium hydroxide) deposits. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2938: iv + 7 p.

CE RAPPORT EST DISPONIBLE AUPRÈS DU :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région du Golfe
Pêches et Océans Canada
C. P. 5030, Moncton (Nouveau-Brunswick) E1C 9B6

Téléphone : 506 851-6253
Courriel : csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca
Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/

ISSN 1919-5117
© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2016

La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2016. Examen des incidences possibles des traitements à la chaux hydratée dans le contexte du projet d'expansion de la production de moules dans la baie Malpeque, à l'Île-du-Prince-Édouard. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2016/014.

Also available in English:

DFO. 2016. Review of potential impacts of hydrated lime treatments associated with proposed expansion of mussel production in Malpeque Bay, PEI. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2016/014.